

Cronistoria dell'astronomia - History of Astronomy

di Michele T. Mazzucato

VII sec. a.C. – XV sec. d.C.

Anassimandro di Mileto (VII-VI sec. a.C.)

- pensa che la Terra, che ritiene di forma cilindrica, *galleggia nello spazio senza cadere*; diversamente da tutte le civiltà umane, soltanto quella greca, ha una tale concezione del mondo
- pone l'idea che esistono leggi naturali che stabiliscono il modo in cui le cose cambiano nel tempo

Pitagora di Samo (VI-V sec. a.C.)

- a Pitagora e ai suoi discepoli viene attribuito il riconoscimento della sfericità della Terra anche se le prime citazioni a sostegno della rotondità si trovano nel *De Coelo* di Aristotele di Stagira
- propone che il linguaggio in cui sono scritte le leggi naturali del mondo, vaghe in Anassimandro, sia la matematica

Filolao di Crotone (V-IV sec. a.C.)

- stima la durata del mese lunare (29 giorni e mezzo), l'anno lunare (354 giorni) e l'anno solare (365 giorni e mezzo)
- pensa che la Luna prende in prestito la sua luce dal Sole
- pensa che la Terra non sia immobile al centro dell'universo, ma la sua orbita non è eliocentrica da ciò, per la prima volta, la Terra è considerata un pianeta
- anche la Terra ruota su se stessa in ventiquattro ore da cui l'alternanza del dì e della notte

Eudosso di Cnido (IV-III a.C.)

- per primo elabora un complesso modello geometrico dei moti celesti noto come sistema delle *sfere omocentriche*. Immagina i pianeti fissi su sfere ideali, con moto rotante uniforme, tutte concentriche alla Terra, immobile al centro dell'universo, e che ogni sfera giri su di un asse imperniato sopra un'altra sfera concentrica alla prima e così via con assi sempre diversi.

Aristotele di Stagira (IV sec. a.C.)

- concepisce la Terra, di forma sferica, come immobile al centro dell'universo con gli astri che le ruotano attorno fissati a sfere di cristallo (modello geocentrico aristotelico)

Aristarco di Samo (IV-III sec. a.C.)

- effettua i primi tentativi di misurazione delle distanze Terra-Luna e Terra-Sole
- comprende che il Sole è più grande della Terra e che è la Terra a girare attorno al Sole, centro dell'universo, sostenendo per primo la tesi eliocentrica e non viceversa come nel modello geocentrico aristotelico che continua a prevalere
- spiega con l'inclinazione dell'asse terrestre il ciclo delle stagioni

Ipparco di Nicea (II sec. a.C.)

- compila il più accurato catalogo stellare dell'antichità con oltre 1000 stelle
- classifica le stelle in sei classi secondo la magnitudine apparente, dalla prima più luminosa alla sesta appena visibile a occhio nudo
- scopre il fenomeno della precessione degli equinozi, dal confronto delle coordinate stellari da lui misurate con quelle date circa 150 anni prima dagli astronomi Aristillo e Timocari
- si può considerare il fondatore dell'astrometria, precursore nel campo della geodesia e della geografia e primo ideatore della trigonometria

Claudio Tolomeo di Pelusio (II sec. d.C.)

- riprende e migliora, con *deferenti*, *epicicli* ed *eccentrici*, il modello geocentrico aristotelico pervenendo al modello geocentrico tolemaico (in cui la Terra, di forma sferica, è immobile al centro della sfera delle stelle fisse) che sarà considerato valido per circa 1400 anni
- tratta della proiezione stereografica della sfera
- autore del trattato astronomico-matematico, abitualmente noto con il nome di *Almagesto*, in cui fornisce i mezzi matematici di calcolo necessari alle osservazioni celesti ed espone le teorie astronomiche del tempo, basandosi principalmente sulle osservazioni di Ipparco

185 viene osservata la supernova galattica (SN 185 di tipo Ia) esplosa in direzione a cavallo delle costellazioni del Compasso e del Centauro. Indicata in fonti cinesi e romane.

1006 viene osservata la supernova galattica (SN 1006 di tipo Ia) esplosa in direzione della costellazione del Lupo. Indicata in fonti cinesi, arabe ed europee.

1054 viene osservata la supernova galattica (SN 1054 di tipo II) esplosa in direzione della costellazione del Toro, meglio nota come *Supernova del Granchio*. Indicata in fonti cinesi e arabe.

1080 intorno a questo anno sono compilate le tavole astronomiche note come *Tavole di Toledo* o *toledane*, basate sul lavoro di al-Zarqali (1029-1087).

1252 intorno a questo anno sono compilate le tavole astronomiche note come *Tabulae Alfonsine*, dal nome del re Alfonso X di Castiglia e León *il saggio* (1221-1284). Sostituiscono le *Tavole di Toledo* o *toledane* (circa 1080).

1433 Paolo Dal Pozzo Toscanelli (1397-1482) rileva per la prima volta la posizione della chioma di una cometa sulla sfera celeste riportandola su una carta stellare.

XVI secolo (1500-1600)

- 1515** prima edizione latina, stampata a Venezia, dell'*Almagesto* di Tolomeo, basata sulla traduzione dall'arabo di Gerardo da Cremona (1114-1187) effettuata nel 1134.
- 1531** Gerolamo Fracastoro (1478-1553) nell'osservazione di comete nota che la loro coda è sempre rivolta in verso opposto al Sole.
- 1543** Mikolaj Kopernik (Copernico) (1473-1543) espone il *sistema eliocentrico copernicano* (*De revolutionibus orbium coelestium*, 1543).
- 1543** Alessandro Piccolomini (1508-1578) contrassegna le stelle in base alla loro luminosità con lettere dell'alfabeto latino (*De le stelle fisse*, 1543).
- 1551** Erasmus Reinhold (1511-1553) pubblica le tavole astronomiche note come *Tabulae pruteniche* o *prussiane*, dal nome di Alberto I di Prussia (1490-1568). Sostituiscono le tavole *Tabulae Alfonsine* (circa 1252).
- 1572** viene osservata la supernova galattica (SN 1572 di tipo Ia) esplosa in direzione della costellazione di Cassiopea, meglio nota come la *nova stella di Brahe*.
- 1582** il 24 febbraio bolla pontificia *Inter gravissimas* emanata da papa Gregorio XIII, al secolo Ugo Boncompagni (1502-1585), sulla riforma del *calendario giuliano* con l'introduzione del nuovo *calendario gregoriano*.
- 1584** Giordano Bruno, al secolo Filippo Bruno (1584-1600), afferma l'infinità dell'universo e la presenza di vita in altri corpi celesti (*De l'infinito, universo e mondi*, 1584).
- 1585** Galileo Galilei (1564-1642) scopre l'*isocronismo delle oscillazioni del pendolo* (*Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti la meccanica*, 1638).
- 1588** Tycho Brahe (Ticone) (Tyge Ottesen Brahe) (1546-1601) propone un modello elio-geocentrico ticonico connubio tra il modello eliocentrico copernicano e il modello geocentrico aristotelico-tolemaico.

XVII secolo (1600-1700)

- 1603** Johann Bayer (1572-1625) realizza il primo atlante stellare completo dell'intera sfera celeste e contrassegna le stelle in base alla loro luminosità con lettere dell'alfabeto greco (*Uranometria*, 1603) anziché quelle latine utilizzate da Piccolomini nel 1543.
- 1604** Galileo Galilei (1564-1642) formula la *legge sulla caduta dei gravi* (*Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti la meccanica*, 1638).
- 1604** dal 9 ottobre è visibile l'ultima, ad oggi, supernova galattica (SN 1604 di tipo II) esplosa in direzione della costellazione dell'Ofiuco, meglio nota come *Supernova di Keplero*.
- 1608** il 2 ottobre Hans Lippershey (1570-1619) deposita una domanda di brevetto per il suo modello di "cannocchiale", per questo viene accreditato come il creatore e il diffusore del primo modello di telescopio funzionante.
- 1609** Thomas Harriot (1560-1621) realizza la prima carta lunare eseguita con l'aiuto di un cannocchiale (*tubo ottico*).
- 1609** Johannes Kepler (Keplero) (1571-1630) enuncia la prima *legge delle orbite ellittiche* e la seconda *legge delle aree* dei moti planetari (*Astronomia nova*, 1609).
- 1610** Galileo Galilei (1564-1642) scopre i primi quattro satelliti di Giove (Io, Europa, Ganimede e Callisto denominati *satelliti medicei* o *galileiani*) convalidando il sistema di Copernico del 1543 (*Sidereus Nuncius*, 1610) e le macchie solari (*Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*, 1613).
- 1619** Johannes Kepler (Keplero) (1571-1630) enuncia la terza *legge dei periodi* dei moti planetari (*Harmonices mundi*, 1619).
- 1627** Johannes Kepler (Keplero) (1571-1630) pubblica le tavole astronomiche note come *Tabulae Rudolphinae*, dal nome dell'imperatore del sacro romano impero Rodolfo II d'Asburgo (1552-1612). Sostituiscono le *Tabulae pruteniche* o *prussiane* (1551).
- 1631** Pierre Gassend (Gassendi) (1592-1655) osserva per la prima volta il transito di Mercurio sul Sole secondo le previsioni fornite da Kepler.
- 1632** Galileo Galilei (1564-1642) pubblica *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* a sostegno del sistema copernicano.
- 1639** Giovanni Battista Zupi (Zupus) (1589-1667) osserva per la prima volta le bande orizzontali del pianeta Giove, come affermato da Francesco Fontana (1585-1656) in *Novae coelestium terrestriumque rerum observationes, et fortasse hactenus non vulgatae* (1646), e scopre le fasi del pianeta Mercurio, il cui reseconto è fornito da Giovanni Battista Riccioli (1598-1671) in *Almagestum novum, astronomiam veterem novamque complectens* (1651).
- 1647** Jan Heweliusz (Johannes Hevelius) (1611-1687) scopre la *librazione lunare in longitudine* e realizza un'accurata cartografia lunare (*Selenographia sive Lunae Descriptio*, 1647).

- 1651** Giovanni Battista Riccioli (1598-1671) propone il proprio sistema geocentrico del mondo, un ibrido fra quello di Brahe del 1588 e quello di Tolomeo del 150 e introduce, con la carta lunare compilata da Francesco Maria Grimaldi (1618-1663), la toponomastica lunare in uso ancora oggi (*Almagestum novum, astronomiam veterem novamque complectens*, 1651).
- 1655** Christiaan Hygens (1629-1695) scopre il primo satellite di Saturno (Titano).
- 1663** James Gregory (1638-1675) fornisce la prima descrizione del principio del telescopio a riflessione (*Optica promota*, 1663).
- 1665** Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) osserva per la prima volta il fenomeno della diffrazione (*ipotesi della teoria ondulatoria della luce*).
- 1666** Isaac Newton (1642-1726) ottiene il primo spettro solare.
- 1666** Gian Domenico Cassini (1625-1712) scopre le calotte polari di Marte.
- 1667** viene fondato l'Osservatorio di Parigi (Observatoire de Paris) con Gian Domenico Cassini (1625-1712) quale primo direttore.
- 1668** Geminiano Montanari (1633-1687) per la prima volta registra la variabilità di Algol (Beta Persei) (*Sopra la sparizione d'alcune stelle et altre novità celesti*, 1671).
- 1668** Isaac Newton (1642-1726) realizza il primo telescopio a riflessione.
- 1675** Gian Domenico Cassini (1625-1712) scopre una divisione negli anelli di Saturno.
- 1675** viene fondato l'Osservatorio di Greenwich (Royal Observatory of Greenwich) con John Flamsteed (1646-1719) quale primo direttore.
- 1676** Ole Christensen Roemer (1644-1710) effettua la prima misura della velocità della luce con metodo astronomico mediante le eclissi del satellite gioviano Io.
- 1679** viene pubblicato *Connaissance des temps*, il primo almanacco nazionale del mondo.
- 1683** Gian Domenico Cassini (1625-1712) suggerisce correttamente che la *luce zodiacale* doveva essere causata da luce del Sole riflessa da *polvere interplanetaria*.
- 1687** Isaac Newton (1642-1726) enuncia la gravitazione universale: “*due corpi di massa m_1 e m_2 si attraggono reciprocamente con una forza F proporzionale, secondo una costante G , al prodotto delle masse dei due corpi e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza d* ” (*Philosophiae naturalis principia mathematica*, 1687 e prima edizione in lingua inglese nel 1728).

XVIII secolo (1700-1800)

- 1704** Isaac Newton (1642-1726) pubblica la sua seconda opera fondamentale (*Opticks*, 1704)
- 1705** Edmund Halley (1656-1742) predice il ritorno della “sua” cometa per l’anno 1758.
- 1717** Edmund Halley (1656-1742) scopre il *moto proprio* delle stelle fisse (*Considerations on the Change of the Latitudes of some of the principal fixt Stars*, 1818).
- 1725** pubblicazione postuma della versione finale del catalogo stellare di John Flamsteed (1646-1719).
- 1729** James Bradley (1693-1762) scopre l’*aberrazione della luce*, che fornì altresì la prova sperimentale definitiva del moto di rivoluzione terrestre.
- 1731** Esprit Pézénas (1692-1776) riferisce della scoperta della *luce anteliale*, debole chiazza di luce nella posizione del cielo diametralmente opposta al Sole, che Friedrich Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt (1769-1859) chiamerà *gegenschen* quando la vide nel 1803.
- 1731** John Bevis (1695-1771) scopre la Nebulosa del Granchio (M1 e NGC 1952), resto di una supernova visibile nella costellazione del Toro.
- 1737** il 28 maggio John Bevis (1695-1771) osserva il raro evento astronomico dell’occultazione di Mercurio da parte di Venere, l’unico storicamente osservato (la prossima avverrà il 3 dicembre 2133).
- 1748** James Bradley (1693-1762) scopre la nutazione.
- 1755** Immanuel Kant (1724-1804) espone l’ipotesi cosmologica della nebulosa solare (*Allgemeine Naturgeschichte un Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes, nach Newtonischen Grunsätzen abgehandelt*, 1755).
- 1758** John Dollond (1706-1761) fornisce il corretto principio del telescopio rifrattore acromatico.
- 1761** Michail Vasil'evič Lomonosov (1711-1765) ipotizza l’esistenza di un’atmosfera sul pianeta Venere.
- 1765** Leonhard Euler (1707-1783) scopre i primi tre punti collineari L_1 L_2 L_3 (*De motu rectilineo trium corporum se mutuo attrahentium*, 1765).
- 1766** Johann Daniel Tietz (Titius) (1729-1796) enuncia la *legge empirica sulle distanze dei pianeti* riformulata indipendentemente e resa popolare da Johann Elert Bode (1747-1826) nel 1768, oggi nota come *legge di Titius.Bode*.
- 1767** Nevil Maskelyne (1732-1811) fonda il *Nautical Almanac*.
- 1772** Joseph Louis Lagrange (Giuseppe Luigi Lagrangia) (1736-1813) determina la posizione dei *punti di oscillazione* o *punti di equilibrio* L_4 e L_5 in cui un terzo corpo di minore massa mantiene una posizione stabile rispetto all’interazione gravitazionale tra i due corpi di

maggior massa (*Essai sur le problème des trois corps*, 1772). Essi si aggiungono ai tre scoperti da Euler nel 1765. Tutti i cinque punti sono meglio noti come *punti di Lagrange*.

- 1774** Alexander Wilson (1714-1786) annuncia che “quando una macchia si avvicina ai margini del disco per effetto della rotazione solare, la penombra della parte vicina al bordo appare ingrandirsi rispetto a quella della parte opposta” suggerendo che le macchie siano delle depressioni rispetto al resto della superficie (*effetto prospettico di Wilson*) (*Observations on Solar Spots*, 1774).
- 1781** il 13 marzo Frederick William Herschel (1738-1822) scopre il pianeta Urano.
- 1781** Charles Messier (1730-1818) pubblica la versione finale del primo catalogo astronomico di oggetti celesti diversi dalle stelle (*Catalogue des Nébuleuses et des Amas d'Étoiles*, 1774).
- 1782** John Goodricke (1764-1786) suggerisce che la variabilità di Algol (Beta Persei) sia causata dal passaggio di un corpo scuro davanti ad essa con eclissi reciproche tra le due componenti, una più luminosa e l'altra quasi oscura, orbitanti attorno a un medesimo centro di massa.
- 1784** Edward Pigott (1753-1825) scopre la variabilità di Bazak (Eta Aquilae), la prima variabile cefeide.
- 1784** John Goodricke (1764-1786) scopre la prima *variabile intrinseca* (Delta Cephei), la seconda variabile cefeide dopo quella di Pigott scoperta nel medesimo anno, che diviene il prototipo di tale classe di stelle e scopre la variabilità di Sheliak (Beta Lyrae), una *variabile a eclisse* come Algol ma con le due stelle entrambe luminose e vicine da deformarsi dalla reciproca attrazione gravitazionale tale che la variazione di luminosità osservata dalla Terra avviene in modo continuo anche fuori dai momenti dell'eclissi, anch'essa divenuta il prototipo di tale classe di stelle.
- 1787** l'11 gennaio Frederick William Herschel (1738-1822) scopre i primi due satelliti di Urano (Titania e Oberon).
- 1795** Edward Pigott (1753-1825) scopre R Coronae Borealis, prototipo di una classe di stelle variabili nota anche come *Fade-Out star* o *Nova inversa* dalla loro caratteristica di variabilità tra varie magnitudini nel corso di intervalli irregolari e R Scuti, una variabile pulsante della classe RV Tauri.
- 1796** Pierre Simon Laplace (1749-1827) rielabora l'ipotesi cosmologica di Kant del 1755 sull'origine del Sistema Solare (oggi nota come *teoria Kant-Laplace*) (*Exposition du système du monde*, 1796).
- 1796** Pierre Simon Laplace (1749-1827) ipotizza l'esistenza dei buchi neri.
- 1798** Henry Cavendish (1731-1810) misura con precisione la costante gravitazionale universale mediante l'utilizzo di una bilancia di torsione.

XIX secolo (1800-1900)

- 1800** Frederick William Herschel (1738-1822) scopre la *radiazione infrarossa*.
- 1801** Giuseppe Piazzi (1746-1826) il 1° gennaio 1801 scopre il primo asteroide (Cerere, dal 2006 considerato un *pianeta nano*).
- 1801** Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) scopre la *radiazione ultravioletta*.
- 1802** Thomas Young (1773-1829) descrive l'interferenza della luce (ipotesi della teoria ondulatoria della luce).
- 1803** John Dalton (1766-1844) sviluppa una teoria generale sulla natura della materia, base dell'attuale teoria atomica, riconoscendo gli atomi quali costituenti fondamentali delle molecole e di tutta la materia (*modello atomico di Dalton*). (*A new system of chemical philosophy*, 1808 e *Foundations of the atomic theory*, 1889)
- 1815** Joseph von Fraunhofer (1787-1826) fornisce la prima mappa dettagliata dello spettro solare.
- 1820** Hans Christian Oersted (1777-1851) effetto magnetico della corrente elettrica, “un ago magnetico disposto parallelamente ad un filo conduttore attraversato da corrente ruota di 90° disponendosi perpendicolarmente al filo stesso” regola di Ampère: “un osservatore disposto parallelamente sul filo in modo tale che la corrente gli entri dai piedi e gli esca dalla testa, vede il polo nord dell'ago ruotare verso sinistra”.
- 1820** viene fondata l'*Astronomical Society of London* che, nel 1831, diviene *Royal Astronomical Society* RAS con Frederick William Herschel (1738-1822) quale primo presidente.
- 1821** Heinrich Christian Schumacher (1780-1850) fonda *Astronomische Nachrichten*, la più antica rivista scientifica di astronomia ancora oggi edita.
- 1827** viene fondata *Monthly Notices of the Astronomical Society of London* che, nel 1831, diviene *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (in sigla MNRAS) ancora oggi edita.
- 1831** Michael Faraday (1791-1867) induzione elettromagnetica, dimostra che il magnetismo produce elettricità, “un magnete mosso in prossimità di un circuito non alimentato provoca in esso il passaggio di corrente”.
- 1838** Friederich Wilhelm Bessel (1784-1846) effettua la prima accurata misura della parallasse stellare (61 Cygni) (*Bestimmung der Entfernung des 61sten Sterns des Schwans*, 1838)
- 1842** Christian Andreas Doppler (1803-1953) scopre che “l'altezza del suono è più alta quando l'origine del suono si avvicina all'osservatore e più bassa quando se ne allontana” (*effetto Doppler*).
- 1843** Samuel Heinrich Schwabe (1789-1875) scopre il ciclo undecennale dell'attività magnetica del Sole.
- 1846** il 23 settembre Johann Gottfried Galle (1812-1910) e Heinrich Ludwig d'Arrest scoprono il pianeta Nettuno.

- 1846** il 10 ottobre William Lassell (1799-1880) scopre il primo satellite di Nettuno (Tritone).
- 1848** Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896) scopre, indipendentemente, lo stesso fenomeno fisico di Doppler del 1842 nelle onde elettromagnetiche. Il movimento di una sorgente luminosa provoca uno spostamento delle righe spettrali percepite dall'osservatore, verso il blu nell'avvicinarsi e verso il rosso nell'allontanarsi.
- 1849** Édouard Albert Roche (1820-1883) enuncia una *teoria sulla frantumazione gravitazionale* che un satellite può subire per effetto delle forze mareali esercitate dal pianeta su cui orbita. Fornisce quello oggi noto come *limite di Roche*, distanza minima per un'orbita stabile senza che il corpo celeste si frammenti il cui valore vale circa 2.44 volte il raggio del pianeta o della stella (*La figure d'une masse fluide soumise à l'attraction d'un point éloigné*, 1849). Dai suoi studi prende anche il nome il *lobo di Roche*, regione di spazio che circonda ciascuna stella appartenente a un sistema binario, nella quale prevale il campo gravitazionale della stella in essa contenuta. Esso fornisce un limite superiore alle dimensioni raggiungibili da una stella a causa della presenza dell'altra.
- 1849** Benjamin Apthorp Gould (1824-1896) fonda l'*Astronomical Journal* (in sigla AJ) ancora oggi edita.
- 1849** Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896) misura della velocità della luce in varie sostanze.
- 1851** Samuel Heinrich Schwabe (1789-1875) scopre, dalle osservazioni effettuate dal 1826 al 1843, il ciclo undecennale dell'attività magnetica del Sole. I risultati sono divulgati in questo anno da Friedrich Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt (1769-1859).
- 1851** Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) effettua l'esperienza del pendolo con cui fornisce la dimostrazione diretta della rotazione terrestre.
- 1857** Gustaf Robert Kirchhoff (1824-1887) e Robert Wilhelm Eberhard Bunsen (1811-1899) scoprono gli spettri degli elementi.
- 1859** Gustaf Robert Kirchhoff (1824-1887) interpreta lo spettro luminoso del Sole.
- 1859** il 1° settembre Richard Christopher Carrington (1826-1875) osserva per la prima volta un brillamento solare (*eruzione cromosferica*).
- 1861** Richard Christopher Carrington (1826-1875) scopre la variazione latitudinale delle macchie nel corso di un ciclo solare. Friedrich Wilhelm Gustav Spörer (1822-1895) estese e migliorò il lavoro di Carrington e tale relazione porta il suo nome (*legge di Spörer*).
- 1862** Gustaf Robert Kirchhoff (1824-1887) conia il termine e il concetto di *corpo nero*.
- 1863** Angelo Secchi (1818-1878) inaugura il metodo di classificazione stellare in base al tipo spettrale. Fondatore della spettroscopia astronomica.
- 1863** Richard Christopher Carrington (1826-1875) scopre la rotazione differenziale, minore nelle regioni equatoriali e maggiore nelle regioni polari, del Sole.

- 1865** James Clerk Maxwell (1831-1879) descrive il *campo elettromagnetico*, unifica le leggi che erano state in precedenza elaborate per descrivere l'elettricità e il magnetismo. Due equazioni che descrivono la *dinamica dei campi*, da cui trasse che le onde elettromagnetiche di tutte le frequenze viaggiano nello spazio alla stessa velocità fissa, quella della luce.
- 1866** Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910) dimostra che le piogge meteoritiche sono dovute ai resti del passaggio di comete.
- 1866** Daniel Kirkwood (1814-1895) scopre l'assenza o diminuzione nella distribuzione degli asteroidi della Fascia Principale secondo il semiasse maggiore o, equivalentemente, il loro periodo orbitale corrispondenti all'ubicazione delle orbite in risonanza orbitale con Giove, meglio note come *lacune di Kirkwood* (*On the Theory of Meteors*, 1866).
- 1867** Charles Joseph Étienne Wolf (1827-1918) e Georges Antoine Pons Rayet (1839-1906) scoprono una nuova tipologia di stelle oggi note come *stelle di Wolf-Rayet*.
- 1868** Pierre Jules César Janssen (1824-1907) e Joseph Norman Lockyer (1836-1910) scoprono, indipendentemente, l'elio analizzando lo spettro solare.
- 1871** viene fondata la *Società degli Spettroscopisti Italiani* che, nel 1920, diviene *Società Astronomica Italiana* SAI.
- 1877** Édouard Stephan (1837-1923) scopre un gruppo visuale di cinque galassie nella direzione della costellazione di Pegaso (*Quintetto di Stephan*) composto da due galassie ellittiche (NGC 7317 e NGC 7318a) e tre galassie spirali (NGC 7320c) di cui due barrate (NGC 7318b e NGC 7319).
- 1877** il 12 e il 17 agosto Asaph Hall (1829-1907) scopre i due satelliti di Marte (Deimos e Fobos).
- 1883** Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach (1838-1916) formula l'ipotesi che *l'inerzia di ogni sistema è il risultato dell'interazione del sistema stesso con il resto dell'universo (principio di Mach)* (*Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 1883 e prima edizione in lingua inglese *The Science of Mechanics*, 1893).
- 1885** il 20 agosto Carl Ernst Albrecht Hartwig (1851-1923) scopre la prima supernova extragalattica (SN 1885A nella galassia di Andromeda).
- 1887** George William Hill (1838-1914) descrive lo spazio di influenza gravitazionale di un corpo celeste in presenza di altri corpi perturbatori, meglio nota come *sfera di Hill* corrispondente alla regione attorno a un corpo all'interno del quale può catturare i satelliti (*Coplanar Motion of Two Planets, One Having a Zero Mass*, 1887)
- 1887** Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) scopre l'*effetto fotoelettrico* (certi metalli quando colpiti dalla luce emettono elettroni).
- 1888** Johan Ludwig Emil Dreyer (1852-1926) pubblica il *New General Catalogue* di ammassi e nebulose.

- 1890** Hermann Carl Vogel (1841-1907) scopre la prima binaria spettroscopica (una stella doppia che rileva la sua duplicità soltanto esaminando le variazioni del suo spettro).
- 1891** Maximilian Franz Joseph Cornelius Wolf (1863-1932) scopre il primo asteroide fotograficamente.
- 1892** Edward Emerson Barnard (1857-1923) scopre la prima cometa fotograficamente.
- 1895** Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) scopre casualmente la misteriosa radiazione elettromagnetica che lui stesso chiama *raggi x*.
- 1896** Henri Antoine Becquerel (1852-1908) scopre il fenomeno della radioattività, scoperta casuale da sali di uranio (*raggi beta*).
- 1896** Pieter Zeeman (1865-1943-) scopre che “se una sorgente di luce è associata a un campo magnetico, le righe spettrali della sorgente vengono separate in più componenti” (*effetto Zeeman*). Analogo al fenomeno, ma in presenza di un campo elettrico, che verrà scoperto indipendentemente da Johannes Stark (1874-1957) e Antonino Lo Surdo (1880-1949) nel 1913 (*effetto Stark-Lo Surdo*).
- 1897** viene inaugurato il *telescopio rifrattore da 102 cm* dell'Osservatorio Yerkes (William Bay nel Wisconsin, USA), il più grande telescopio rifrattore del mondo tutt'ora in funzione.
- 1897** Joseph John Thompson (1856-1940) scopre l'*elettrone*, ne misura carica e massa. (*Cathode rays*, 1897)
- 1898** Pierre Curie (1859-1906) e Maria Salomea Skłodowska (Marie Curie) (1867-1934) scoprono altri elementi radioattivi (torio, polonio e radio), dal radio, che fornisce la maggiore attività, prende nome il fenomeno della radioattività.
- 1899** Ernest Rutherford (1871-1937) scopre le radiazioni alfa provenienti da materiali radioattivi (*raggi alfa*).
- 1899** viene fondata l'*Astronomical and Astrophysical Society of America* che, nel 1915, diviene *American Astronomical Society AAS* con Simon Newcomb (1835-1909) quale primo presidente.

XX secolo (1900-2000)

- 1900** Ivan Osipovič Jarkovskij (1844-1902) ipotizza la variazione della velocità di rotazione orbitale degli asteroidi indotta dalla radiazione termica solare, meglio noto come *effetto Jarkovskij*. Oggi meglio noto come *effetto Jarkovskij-O'Keefe-Radzievskii-Paddack* o come *effetto YORP*, termine utilizzato per la prima volta da David Perry Rubincam (1947-) nel 2000, per ricomprendere altri fattori variazionali ipotizzati da John Aloysius O'Keefe (1916-2000) e Stephen J. Paddack (1934-) (indotta dall'irregolarità della forma dell'oggetto) e da Vladimir Vyačeslavovič Radzievskij (1911-2003) (indotta dal diverso grado di albedo delle varie parti della superficie dell'oggetto).
- 1900** Paul Ulrich Villard (1860-1934) scopre la radiazione elettromagnetica derivante dal decadimento radioattivo dei nuclei atomici (*raggi gamma*).
- 1900** Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947) scopre che la radiazione del *corpo nero* (materia molto calda) si poteva spiegare soltanto assumendo che la luce fosse emessa o assorbita in *pacchetti discreti* di energia proporzionale alla frequenza dell'onda elettromagnetica (*teoria dei quanti* o *teoria quantistica*).
- 1902** James Hopwood Jeans (1877-1946) scopre il fenomeno dell'*instabilità gravitazionale* (*massa di Jeans*), origine del collasso gravitazionale delle nubi interstellari di gas e della conseguente formazione stellare (*The Stability of a Spherical Nebula*, 1902).
- 1904** Joseph John Thomson (1856-1940) fornisce il *modello atomico di Thomson* (cosiddetto *modello atomico a panettone*). (*On the structure of the atom*, 1904).
- 1904** Hantarō Nagaoka (1865-1950) fornisce il *modello atomico di Nagaoka* (cosiddetto *modello atomico saturniano*) in contrapposizione a quello di Thomson del medesimo anno.
- 1905** Albert Einstein (1879-1955) elabora la teoria della relatività ristretta (relatività in quanto sottolineava l'importanza del solo moto relativo) (*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*, 1905).
- 1906** il 17 ottobre August Kopff (1882-1960) scopre il primo asteroide di tipo troiano (617 Patroclus), un asteroide che condivide la stessa orbita di un pianeta o un altro satellite naturale confinato in uno dei due punti langrangiani di stabilità L_4 o L_5 situati 60° , rispettivamente, in anticipo e in ritardo rispetto al corpo celeste maggiore.
- 1906-1909** Ernest Rutherford (1871-1937) prova che i *raggi alfa* sono particelle cariche positivamente.
- 1908** Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) scopre le variabili Cefeidi.
- 1908** George Ellery Hale (1868-1938) scopre l'associazione di campi magnetici alle macchie solari, conseguenza della scoperta di Zeeman del 1896.
- 1909** Ernest Rutherford (1871-1937), Johannes "Hans" Wilhelm Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970) scoprono il nucleo dell'atomo e il *protone*.

- 1910-1913** Joseph John Thompson (1856-1940) e Francis William Aston (1877-1945) scoprono l'isotopia, sostanze che hanno le stesse proprietà chimiche pur presentando nuclei atomici diversi.
- 1911** Ernest Rutherford (1871-1937) fornisce il *modello atomico di Rutherford*.
- 1910-1913** Ejnar Hertzsprung (1873-1967) e Henry Norris Russell (1877-1957) elaborano indipendentemente il diagramma di comprensione dei rapporti tra tipo spettrale ed evoluzione stellare (*diagramma Hertzsprung-Russell*).
- 1913** Niels Henrik David Bohr (1885-1962) fornisce il *modello atomico di Bohr*.
- 1912** Victor Franz Hess (1883-1964) con esperimenti eseguiti nel periodo 1910-1912 registrando un aumento dell'intensità in quota per mezzo di palloni aerostatici (*Über Beobachtungen der durchdringenden Strahlung bei sieben Freiballonfahrten*, 1912) e Domenico Leone Pacini (1878-1934) con esperimenti eseguiti nel periodo 1907-1911 registrando una diminuzione dell'intensità in profondità nelle acque (*La radiazione penetrante alla superficie ed in seno alle acque*, 1912) scoprono una radiazione altamente energetica proveniente dallo spazio cosmico (*raggi cosmici*).
- 1912** Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) scopre una correlazione fra la magnitudine assoluta e il periodo di variabilità delle stelle variabili Cefeidi, aprendo la strada per il loro impiego come indicatori di distanze intergalattiche.
- 1912** Vesto Melvin Slipher (1875-1969) nota, per primo, lo spostamento verso il rosso delle linee spettrali delle galassie (*effetto redshift*) (*The radial velocity of the Andromeda Nebula*, 1912).
- 1913** Heber Doust Curtis (1872-1942) fornisce la prima prova dell'esistenza di sistemi stellari al di fuori della Galassia (Via Lattea), impiegando il metodo delle cefeidi viene misurata la distanza delle Nubi di Magellano. Curtis valuta in un milione di anni luce la distanza di Andromeda.
- 1914** Robert Goddard (1882-1945) lancia il primo razzo nello spazio.
- 1915** Albert Einstein (1879-1955) elabora la teoria della relatività generale (teoria dello spazio-tempo curvo, a differenza di quella ristretta, prende in considerazione la gravità affermando che la distribuzione della materia e dell'energia nell'universo distorce lo spazio-tempo rendendolo curvo) (*Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, 1916).
- 1916** Karl Schwarzschild (1873-1916) fornisce la prima soluzione esatta per la relatività generale e introduce il *raggio gravitazionale* meglio noto come *raggio di Schwarzschild* postulando l'esistenza di un *orizzonte degli eventi* di un *buco nero* (*singolarità gravitazionale* in cui la curvatura dello spazio-tempo tende a un valore infinito) entro il cui raggio, dipendente dalla massa del corpo, è il limite del non ritorno oltre il quale nulla, neanche la luce, può sfuggire alla sua attrazione gravitazionale. Denominato *spazio-tempo o metrica di Schwarzschild* descrive la geometria dello spazio-tempo (struttura quadrimensionale dell'universo deformata dalla presenza di massa o di energia) attorno a una massa a simmetria sferica, non rotante e priva di carica elettrica. (*On the gravitational field of a sphere of incompressible fluid according to Einstein's theory*, 1916).

- 1916** Arthur Stanley Eddington (1882-1944) dimostra teoricamente che le stelle sono sfere gassose e ipotizza correttamente che la sorgente di energia delle stelle provenga dalla fusione nucleare dell'idrogeno in elio. (*On the Radiative Equilibrium of the Stars*, 1916)
- 1917** Albert Einstein (1879-1955) propone il primo modello cosmologico relativistico in cui l'universo non ha limiti ma ha un volume finito (ritenendo che l'universo fosse statico).
- 1917** Harlow Shapley (1885-1972) studiando la distribuzione degli ammassi globulari concluse che il Sole non si trova al centro della Galassia (Via Lattea) ma in una posizione periferica.
- 1918** Hans Jacob Reissner (1874-1967) e Gunnar Nordström (1881-1923) descrivono la geometria dello spazio-tempo attorno a una massa a simmetria sferica, non rotante e con carica elettrica. Lo *spazio-tempo o metrica di Reissner-Nordström* completa quella di Schwarzschild del 1916. Oltre l'*orizzonte degli eventi* di una singolarità gravitazionale (*buco nero*) non è possibile tornare indietro, tuttavia, è ancora possibile vedere la luce, anche se curvata dalla gravità del buco nero, che proviene dall'universo esterno. Al superamento dell'*orizzonte di Cauchy*, da Augustin Louis Cauchy (1789-1857), interno a quello degli eventi, non si potrà vedere nemmeno tale luce. (*Über die Eigengravitation des elektrischen Feldes nach der Einstein'schen Theorie*, Reissner 1916 e *On the Energy of the Gravitational Field in Einstein's Theory*, Nordström 1918).
- 1918** Kiyotsugu Hirayama (1874-1943) scopre che gli asteroidi possono essere raggruppati e classificati in gruppi (se privi di un'origine comune) e famiglie (se condividono un'origine comune) in base alle loro caratteristiche orbitali simili, meglio note come *famiglie di Hirayama* (*Groups of asteroids probably of common origin*, 1918).
- 1919** sotto la guida di Arthur Stanley Eddington (1882-1944) e Frank Watson Dyson (1868-1939) viene effettuata la prima verifica della relatività einsteiniana durante l'eclissi di Sole in Guinea. (*A determination of the deflection of light Sun's gravitational field, from observations made at the total eclipse of May 29, 1919*, 1919)
- 1919** viene fondata l'*International Astronomical Union* IAU con Édouard Benjamin Baillaud (1848-1934) quale primo presidente.
- 1922** Arthur Holly Compton (1892-1962) scopre il fenomeno d'interazione tra un fotone e un elettrone (*effetto Compton*) (*A Quantum Theory of the Scattering of X-Rays by Light Elements*, 1923).
- 1922** Alexander Alexandrovich Friedmann (1888-1925) fornisce una teoria sull'Universo in espansione (*Über die Krümmung des Raumes*, 1922 e *Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes*, 1924).
- 1922** l'International Astronomical Union IAU, nella sua prima Assemblea Generale a Roma, adotta ufficialmente il moderno elenco di 88 costellazioni che coprono l'intera sfera celeste redatto, con utili abbreviazioni di tre lettere per esse, da Henry Norris Russell (1877-1957).
- 1924** Edwin Powell Hubble (1889-1953) annuncia che le nebulose a spirale scoperte da Parsons nel secolo precedente sono delle altre galassie.

- 1924** Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987) elabora la teoria ondulatoria della materia.
- 1925-1926** Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987) nel 1924 e Alexander Schrödinger (1887-1961) nel 1926 per la *meccanica ondulatoria ed equivalente* Werner Karl Heisenberg (1901-1976), Max Born (1882-1970) e Pascual Jordan (1902-1980) nel 1925 per la *meccanica delle matrici ed equivalente* Richard Phillips Feynman (1918-1988) nel 1948 con l'*integrale sui cammini* partendo dalle premesse di Planck del 1900 elaborarono la *meccanica quantistica* nella quale le particelle infinitesimali non hanno una posizione e una velocità definite (maggiore è la precisione con cui si determina la loro posizione, minore è la precisione con cui si stabilisce la loro velocità e viceversa).
- 1926** Arthur Stanley Eddington (1882-1944) scopre il rapporto massa-luminosità di una stella. Un limite alla luminosità massima che può avere una stella con una data massa in equilibrio idrostatico tra la forza attrattiva gravitazionale e la pressione di radiazione che tenderebbe a farla espandere (*limite di Eddington*) (*The internal constitution of the stars*, 1926).
- 1926** Frithiof Wolfers (1891-1971) conia il termine *fotone* per un *quanto di luce* (*Une action probable de la matière sur les quanta de radiation*, 1926) e polarizzato da Gilbert Newton Lewis (1875-1946) (*The conservation of photons*, 1926).
- 1926** Alexander Schrödinger (1887-1961) formula l'equazione che descrive l'evoluzione ondulatoria della materia ipotizzata da De Broglie nel 1924 (*Quantisierung als Eigenwertproblem*, 1926).
- 1927** Jan Hendrik Oort (1900-1992) espone la teoria della rotazione galattica differenziale.
- 1927** Werner Karl Heisenberg (1901-1976) scopre il principio di indeterminazione (dimostrò che l'indeterminazione della posizione di una particella moltiplicata per l'indeterminazione del suo impulso, quantità di moto, doveva essere sempre maggiore della costante di Planck, una quantità strettamente connessa con il contenuto di energia di un *quanto di luce*).
- 1927** Bertil Lindblad (1895-1965) dimostra l'esistenza di una rotazione complessiva della Galassia (Via Lattea) attorno a un centro posto nella direzione del Sagittario confermando le conclusioni di Shapley del 1917.
- 1927** Georges Edouard Lemaître (1894-1966) teorizza e dimostra l'esistenza di una costante di proporzionalità tra distanza e velocità di recessione delle galassie nonché l'implicazione di un universo in espansione (*Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*, 1927).
- 1928** l'International Astronomical Union IAU, nella sua terza Assemblea Generale a Leida, adotta ufficialmente i confini, tracciati seguendo linee di ascensione retta e di declinazione valide per l'epoca B1875, delle 88 costellazioni moderne elaborati da Eugène Joseph Delporte (1882-1955) (*Délimitation scientifique des constellations - tables et cartes*, 1930).
- 1929** Edwin Powell Hubble (1889-1953) riscopre la relazione tra velocità radiale delle galassie e la loro distanza, indizio di un'espansione collettiva dell'universo, già teorizzata da Lemaître nel 1927 (*A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae*, 1929).

- 1930** Wolfgang Ernst Pauli (1900-1958) teorizza l'esistenza del *neutrino* il cui termine è coniato da Edoardo Amaldi (1908-1989).
- 1930** Clyde William Tombaugh (1906-1997) scopre il pianeta Plutone (dal 2006 considerato un *pianeta nano*).
- 1931** Fritz Zwicky (1898-1974) e Walter Baade (1893-1960) usano per la prima volta il termine *super-nova* che nel 1938 perde il trattino divenendo il vocabolo oggi in uso.
- 1931** Karl Guthe Jansky (1905-1950) scopre che la Galassia (Via Lattea) emette onde radio.
- 1931** Georges Edouard Lemaître (1894-1966) ritiene che l'universo sia nato dalla frammentazione di un *atomo primordiale*, un'idea che rappresenta il primo passo verso la *teoria del Big Bang*.
- 1932** il 13 marzo Eugène Joseph Delporte (1882-1955) scopre l'asteroide 1221 Amor, primo di un gruppo di asteroidi *Near-Earth Asteroids* denominati *asteroidi Amor* caratterizzati da un'orbita che sfiora quella della Terra senza mai intersecarla.
- 1932** il 24 aprile Karl Wilhelm Reinmuth (1892-1979) scopre l'asteroide 1862 Apollo, primo di un gruppo di asteroidi *Near-Earth Asteroids* denominati *asteroidi Apollo* caratterizzati da un'orbita con semiasse maggiore superiore a 1 UA e un perielio inferiore a 1,017 UA.
- 1932** Ernst Julius Öpik (1893-1985) ipotizza l'esistenza di una nube di detriti posizionata ai confini estremi del Sistema Solare quale origine della maggior parte delle comete di lungo periodo. L'idea venne ripresa da Jan Hendrik Oort (1900-1992) nel 1950 nei suoi studi sulle orbite cometarie (*The structure of the cloud of comets surrounding the Solar System and a hypothesis concerning its origin*, 1950). Tale regione oggi è nota come *nube di Öpik-Oort*.
- 1932** James Chadwick (1891-1974) scopre l'esistenza del *neutrone*.
- 1933** Fritz Zwicky (1898-1974) ipotizza l'esistenza della *materia oscura*.
- 1934** Pavel Alekseyevich Cherenkov (1904-1990) scopre il fenomeno associato a particelle subatomiche cariche che si muovono a velocità superiori alla velocità di fase della luce (*effetto Cherenkov*). Dallo studio della *radiazione Cherenkov*, nella componente visibile caratterizzata da un predominante colore blu, è possibile trarre informazioni sulla provenienza e sull'energia trasportata dai *raggi cosmici* nonché la provenienza e origine dei *neutrini*.
- 1934** Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-1995) formula l'esistenza di una massa massima nelle stelle nane bianche (*Limite di Chandrasekhar*, 1.44 volte la massa solare). Questo limite è l'analogo del *limite di Tolman-Oppenheimer-Volkoff* per le stelle di neutroni (*pulsar*) formulato nel 1939.
- 1934** Fritz Zwicky (1898-1974) e Walter Baade (1893-1960) ipotizzano l'esistenza delle *stelle di neutroni (pulsar)* quali residui dell'esplosioni di *supernovae*.
- 1939** Julius Robert Oppenheimer (1904-1967) e George Michael Volkoff (1914-2000) utilizzando il lavoro di Richard Chace Tolman (1881-1948) del 1934 formulano l'esistenza di una massa massima nelle stelle di neutroni (*Limite di Tolman-Oppenheimer-Volkoff*, 1.5-3.0 volte la

massa solare) (*Effect of Inhomogeneity on Cosmological Models, 1934 e On Massive Neutron Cores, 1939*).

- 1939** Hans Albrecht Bethe (1906-2005) individua l'origine dell'energia stellare mediante una serie di reazioni termonucleari che trasformano i nuclei di idrogeno in nuclei di elio (le più importanti formano il ciclo carbonio-azoto-ossigeno e la catena protone-protone) (ciclo di Bethe).
- 1939** Julius Robert Oppenheimer (1904-1967) e Hartland Sweet Snyder (1913-1962) dimostrano come un corpo di grande massa, consumato il suo combustibile, possa collassare in un buco nero (*On Continued Gravitational Contraction, 1939*).
- 1939** Grote Reber (1911-2002) scopre la prima radiogalassia (Cygnus A). Una sorgente caratterizzata da un'emissione di onde radio molto intense.
- 1942** Scott Ellsworth Forbush (1904-1984) scopre i *raggi cosmici* provenienti dal Sole.
- 1943** Kenneth Essex Edgeworth (1880-1972) ipotizza l'esistenza di un disco di corpi ghiacciati oltre l'orbita di Nettuno, così come anche Gerrit Pieter Kuiper (1905-1973) nel 1951. Con la scoperta del primo oggetto transnettuniano, 15760 Albion effettuata da David Clifford Jewitt (1958-) e Jane X. Luu (Luu Lê Hằng) (1963-) il 30 agosto 1992, tale regione viene chiamata *fascia di Edgeworth-Kuiper*.
- 1943** Walter Baade (1893-1960) divide le stelle in due categorie fondamentali, quelle di *popolazione I* e quelle di *popolazione II*.
- 1943** Carl Keenan Seyfert (1911-1960) identifica le galassie eponime, dotate di nuclei molto luminosi che emettono quantità eccezionali di energia.
- 1948** Hendrik Brugt Gerhard Casimir (1909-2000) formula la teoria secondo la quale fra due corpi estesi nel vuoto si esercita una forza attrattiva dovuta alle fluttuazioni quantistiche (*effetto Casimir*). L'effetto sarà dimostrato sperimentalmente da Steven Keith Lamoreaux nel 1997. (*On the attraction between two perfectly conducting plates, 1948*). Con un lavoro di King Yan Fong, Hao-Kun Li, Rongkuo Zhao, Sui Yang, Yuan Wang e Xiang Zhang verrà dimostrato che sfruttando questo fenomeno quantistico si riesce a trasferire calore attraverso uno spazio completamente vuoto. (*Phonon heat transfer across a vacuum through quantum fluctuations, 2019*).
- 1948** Hermann Bondi (1919-2005), Fred Hoyle (1915-2001) e Thomas Gold (1920-2004) formulano la *teoria dello stato stazionario* che rimase dominante fino alla scoperta della *radiazione del fondo cosmico* effettuata da Penzias e Wilson del 1965.
- 1948** Ralph Asher Alpher (1921-2007) e Robert Hermann (1914-1997) ipotizzano l'esistenza della *radiazione del fondo cosmico*.
- 1948** Ralph Asher Alpher (1921-2007) e Georgij Antonovič Gamov (George Gamow) (1904-1968) propongono la *teoria del Big Bang* alternativa a quella di Bondi, Hoyle e Gold del medesimo anno.

- 1948** Ralph Asher Alpher (1921-2007), Hans Albrecht Bethe (1906-2005) e Georgij Antonovič Gamov (George Gamow) (1904-1968) definiscono la *nucleosintesi primordiale* (*The Origin of Chemical Elements*, 1948).
- 1948** viene inaugurato il *telescopio Hale* da 200 pollici (5 metri) (Mount Palomar in California, USA). Intitolato a George Ellery Hale (1868-1938), è stato il telescopio più grande al mondo sino al 1976, quando entrò in funzione il telescopio BTA-6 (Bolshoi Teleskop Azimutalnyi, URSS) da 6 metri situato sulla catena montuosa del Caucaso, successivamente superato dal telescopio Keck 1 (Hawaii, USA) da 10 metri, dal nome del finanziatore Howard Brighton Keck (1913-1996), inaugurato nel 1993.
- 1949** Georgij Antonovič Gamov (George Gamow) (1904-1968) conia, durante una trasmissione radiofonica, il termine *Big Bang*.
- 1950** Enrico Fermi (1901-1954) propone il seguente paradosso: “*se nell’universo esiste un gran numero di civiltà aliene, perché la loro presenza non si è mai manifestata*” (*paradosso di Fermi*).
- 1951** Harold Irwing Ewen (1922-2015) ed Edward Mills Purcell (1912-1997) captano per la prima volta la riga spettrale alla lunghezza d'onda di 21 cm (frequenza 1420.4 MHz) dell'idrogeno neutro interstellare. La realizzazione delle prime mappe dell'idrogeno neutro nella Galassia (Via Lattea) rivelano per la prima volta la sua struttura a spirale.
- 1954** Scott Ellsworth Forbush (1904-1984) scopre che “*l’intensità dei raggi cosmici diminuisce all’aumentare dell’attività solare*” (*effetto Forbush*).
- 1956** Clyde Lorrain Cowan (1919-1974) e Frederick Reines (1918-1998) scoprono il neutrino, particella elementare teorizzata da Pauli nel 1930.
- 1957** il 4 ottobre viene lanciato il primo satellite artificiale terrestre (Sputnik 1, URSS).
- 1957** Julian Seymour Schwinger (1918-1994) propone l’unificazione delle interazioni deboli ed elettromagnetica.
- 1959** Freeman John Dyson (1923-2020) ipotizza una mega struttura artificiale avvolgente un corpo stellare allo scopo di catturarne l’energia (*guscio o sfera di Dyson*) intercettando e trattenendo al suo interno tutte le lunghezze d’onda del visibile ed espellendo all’esterno tutta la radiazione non utilizzata sotto forma di radiazione infrarossa. Fornendo, con ciò, anche un metodo per cercare civiltà extraterrestri ricercando, appunto, grandi fonti di emissione infrarossa (*Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation*, 1959)
- 1959** il 13 settembre la sonda spaziale Luna 2 (URSS) è la prima ad atterrare sulla Luna.
- 1959** il 10 ottobre la sonda spaziale Luna 3 (URSS) fotografa per la prima volta la faccia nascosta della Luna.
- 1961** Jurij Aleksiejewicz Gagarin (1934-1968) primo uomo a orbitare attorno alla Terra a bordo della Vostok 1 (URSS).

- 1961** Frank Donald Drake (1930-2022) formula l'equazione per stimare il numero di possibili civiltà extraterrestri rilevabili nella nostra galassia (*equazione di Drake* o *equazione di Green Bank*).
- 1962** il 14 dicembre la Mariner 2 (USA) è la prima sonda spaziale a raggiungere con successo il pianeta Venere.
- 1962** Riccardo Giacconi (1931-2018) con la scoperta della sorgente Sco X1 inizia la storia della astronomia nel campo dei raggi X o astronomia X.
- 1963** Roy Patrick Kerr (1934-) fornisce una soluzione nella relatività generale che descrive la geometria dello spazio-tempo (struttura quadrimensionale dell'universo deformata dalla presenza di massa o di energia) attorno a una massa a simmetria non sferica, rotante e priva di carica elettrica. Un *buco nero rotante*, oltre all'*orizzonte degli eventi*, mostra un *effetto trascinalamento* a cui gli oggetti in avvicinamento sono soggetti a causa della curvatura dello spazio-tempo associato al corpo in rotazione. La regione in cui ciò avviene prende il nome di *ergosfera* dal termine coniato da Remo Ruffini (1942-) e John Archibald Wheeler (1911-2008) in *Relativistic cosmology and space platforms* (1971). La *metrica di Kerr* è una generalizzazione di quella di Schwarzschild del 1916. (*Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metric*, 1963).
- 1963** Maarten Schmidt (1929-2022) e John Beverley Oke (1928-2004) al Palomar ottengono uno spettro dell'oggetto 3C 273 nella costellazione della Vergine interpretandolo dovuto a un *redshift* di 0.158, è un oggetto di nuovo tipo che saranno chiamati *quasar* (*3C 273 : A Star-Like Object with Large Red-Shift*, Schmidt 1963) e (*Absolute Energy Distribution in the Optical Spectrum of 3C 273*, Oke 1963).
- 1964** Hong-Yee Chiu (1932-) conia il termine *quasar* (da *QUASi-stellar radio sources*) per le radio sorgenti quasi stellari (*Gravitational collapse*, 1964).
- 1964** Gordon Hemenway Pettengill (1926-2021) e Rolf Buchanan Dyce (1929-2019) determinano con impulsi radar il periodo di rotazione del pianeta Mercurio in 59 giorni e non 88 come si pensava in precedenza.
- 1964** Irwin Ira Shapiro (1929-) scopre il ritardo temporale di propagazione dei segnali predetto dalla relatività generale quando viaggiano in un campo gravitazione, meglio noto come *effetto Shapiro* (*Fourth Test of General Relativity*, 1964).
- 1964** il 25 ottobre viene inaugurato il *radiotelescopio Croce del Nord* (Medicina, Bologna).
- 1965** Ezra Theodore "Ted" Newman (1929-2021) fornisce una soluzione nella relatività generale che descrive la geometria dello spazio-tempo (struttura quadrimensionale dell'universo deformata dalla presenza di massa o di energia) attorno a una massa a simmetria non sferica, rotante e con carica elettrica. Lo *spazio-tempo o metrica di Kerr-Newman* completa quella di Kerr del 1963. (*Note on the Kerr Spinning-Particle Metric*, 1965 e *Metric of a rotating, Charged Mass*, 1965).
- 1965** contatori Geiger su razzi in orbita suborbitale scoprono Cygnus X-1, un probabile *buco nero* la cui dimostrazione teorica si deve a Oppenheimer nel 1939.

- 1965** Arno Allan Penzias (1933-) e Robert Woodrow Wilson (1936-) scoprono la *radiazione del fondo cosmico (radiazione fossile)* attribuita all'esplosione del nucleo iniziale, confermando la *teoria del Big Bang* e soppiantando così la *teoria dello stato stazionario*.
- 1966** il 1° marzo la Venera 3 (URSS) è la prima sonda spaziale ad atterrare su un altro pianeta, schiantandosi sulla superficie di Venere.
- 1967** Susan Jocelyn Bell (1943-) e Antony Hewish (1924-2021) scoprono le *pulsar*, le *stelle di neutroni* ipotizzate da Zwicky e Baade nel 1934.
- 1967** John Archibald Wheeler (1911-2008) conia il termine *buco nero (black hole)* per quello che sino ad allora veniva chiamato *stella nera* o *stella oscura (black star o dark star)*.
- 1969** Rašid Alievič Sjunjaev (1943-) e Jakov Borisovič Zel'dovič (1914-1987) ipotizzano uno dei meccanismi secondari che generano le anisotropie della *radiazione cosmica di fondo* da una sua distorsione spettrale causata dall'*effetto Compton* inverso dei fotoni (interazione con un elettrone a energia maggiore) durante il loro passaggio attraverso un gas ionizzato (*effetto Sjunjaev- Zel'dovič*).
- 1969** Roger Penrose (1931-) formula l'*ipotesi di censura cosmica*, una congettura matematica sulla struttura delle *singolarità gravitazionali* (punti a densità e curvatura dello spazio-tempo infinita) della relatività generale. Le singolarità sono tipicamente nascoste all'interno dell'*orizzonte degli eventi* e quindi non possono essere osservate dal resto dello spazio-tempo. Le singolarità non nascoste sono chiamate nude. Penrose postula che non esistono *singolarità nude*. (*Gravitational collapse. The role of general relativity*, 1969).
- 1969** il 20 luglio sbarco dell'uomo sulla Luna (Apollo 11, USA).
- 1972** il 3 marzo viene lanciata la sonda spaziale Pioneer 10 (USA) per la prima missione verso Giove.
- 1972** Frank Donald Drake (1930-2022) e Carl Edward Sagan (1934-1996) disegnano la placca in alluminio anodizzato con oro collocata sulle sonde spaziali Pioneer 10 e Pioneer 11. L'idea di tale placca fu di Eric Burgess (1920-2005) mentre l'incisione fu preparata da Linda Salzman in Sagan (1940-).
- 1973** il 6 aprile viene lanciata la sonda spaziale Pioneer 11 (USA) per la prima missione verso Saturno.
- 1973** viene inaugurato il *telescopio Copernico* da 182 cm (Cima Ekar ad Asiago, Vicenza), primo in Italia per grandezza.
- 1973** il 3 novembre viene lanciata la sonda spaziale Mariner 10 (USA) per l'esplorazione dei pianeti Venere e Mercurio. La prima a visitare due pianeti, a utilizzare l'effetto fionda, a utilizzare la pressione solare a scopo propulsivo, a visitare Mercurio e a fotografare Venere.
- 1973** Brandon Carter (1943-) conia il termine *principio antropico* (le osservazioni scientifiche sono soggette ai vincoli dovuti alla nostra esistenza di osservatori; le costanti fisiche possono avere soltanto i valori pressoché attuali altrimenti non sarebbe possibile l'esistenza dell'uomo). Si

contrappone al *principio copernicano*. (*Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*, 1973)

- 1974** Steven William Hawking (1942-2018) fornisce la *formula dell'entropia* di un *buco nero* e che lo stesso possa emettere di una radiazione termica (*radiazione di Hawking*) a causa di effetti quantici (*Black hole explosions?*, 1974).
- 1974** Russell Alan Hulse (1950-) e Joseph Hooton Taylor Jr (1941-) scoprono la prima pulsar binaria, oggi noto come *sistema di Hulse-Taylor* (PSR B1913+16).
- 1974** Frank Donald Drake (1930-2022) scrive il messaggio radio (*messaggio di Arecibo*) trasmesso, il 16 novembre, verso l'ammasso globulare di Ercole (M13 o NGC 6205) a 25000 anni luce di distanza.
- 1975** il 20 agosto e il 9 settembre vengono lanciate le sonde spaziali Viking 1 e Viking 2 per l'esplorazione del pianeta Marte.
- 1975** Clark R. Chapman (1945-), David Morrison (1940-) e Benjamin "Ben" H. Zellner III (1942-2021) propongono una prima classificazione spettrale moderna degli asteroidi in tre categorie: tipo C (carboniosi), tipo S (rocciosi) e tipo U (tutti gli altri) (*Surface properties of asteroids: A synthesis of polarimetry, radiometry, and spectrophotometry*, 1975).
- 1976** il 7 gennaio Eleanor Francis "Glo" Helin (1932-2009) scopre l'asteroide 2062 Aten, primo di un gruppo di asteroidi *Near-Earth Asteroids* denominati *asteroidi Aten* caratterizzati da un'orbita con semiasse maggiore inferiore a 1 UA.
- 1976** viene inaugurato il *telescopio Cassini* da 152 cm (Monte Orzale a Loiano, Bologna), terzo in Italia per grandezza
- 1977** Charles Thomas Kowal (1940-2011) scopre il primo *asteroide di tipo centauro* (inizialmente 2060 Chiron poi 95P/Chiron per la riconosciuta natura cometaria), un asteroide con l'orbita compresa fra quella di Saturno e quella di Urano.
- 1977** James Ludlow Elliot (1943-2011), Edward W. Dunham e Douglas J. Mink (1951-) scoprono il sistema di anelli interno del pianeta Urano.
- 1977** Kip Stephen Thorne (1940-) e Anna Nikola Żytkow (1947-) ipotizzano l'esistenza di una nuova tipologia stellare in cui una *gigante* o *supergigante rossa* confina al suo interno una *stella di neutroni* (*Stars with degenerate neutron cores. I - Structure of equilibrium models*, 1977).
- 1977** il 20 agosto e il 5 settembre vengono lanciate le sonde spaziali Voyager 2 e Voyager 1 per l'esplorazione del Sistema Solare esterno.
- 1978** Edward A. Spiegel (1931-2020) conia il termine *blazar* (da *BLAZing quasi-stellar object*) per sorgenti altamente energetiche, variabili e compatte, associate a un buco nero supermassiccio al centro di nuclei galattici attivi con getto relativistico di materia ionizzata che viaggia quasi alla velocità della luce.

- 1978** James Walter Christy (1938-) e Robert Sutton Harrington (1942-1993) scoprono il primo satellite del pianeta nano Plutone (Caronte).
- 1979** Lubor Kresák (1927-1994) conia il termine Quasi-Hilda Comet QHC per indicare una famiglia di comete che hanno un'orbita esterna alla fascia principale arrivando (all'afelio) fino all'orbita di Giove.
- 1979** l'11 settembre la Pioneer 11 (USA) è la prima sonda spaziale a visitare il pianeta Saturno.
- 1981** Alan Guth (1947-) ipotizza la *teoria dell'universo inflazionario*.
- 1982** Donald Charles Backer (1943-2010), Shrinivas Ramchandra Kulkarni (1956-), Carl Eugene Heiles (1939-), Michael M. Davis e William Miller Goss scoprono la prima pulsar al millisecondo (una pulsar con un periodo rotazionale compreso tra 1 e 10 millisecondi) (PSR B1937+21, ruota 641 volte al secondo).
- 1984** viene inaugurata l'antenna parabolica di 32 metri (radiotelescopio di Medicina, Bologna).
- 1984** David James Tholen (1955-) propone, basata sul programma *Eight-Color Asteroid Survey* ECAS, una nuova classificazione tassonomica degli asteroidi in 3 gruppi principali e 14 classi (*Asteroid taxonomic classifications*, 1988). La *classificazione Tholen* o *ECAS* segue quella di Chapman, Morrison e Zellner III del 1975.
- 1985** intorno a quest'anno Igor Dmitriyevich Novikov (1935-) formula una soluzione ai paradossi del viaggio nel tempo (*principio di autoconsistenza di Novikov*) affermando l'immutabilità del passato (*Evolution of the Universe*, 1983 e *The River of Time*, 1998).
- 1986** il 4 marzo la Vega 1 (URSS) è la prima sonda spaziale a fotografare il nucleo di una cometa (1p/Halley).
- 1986** il 13 marzo la Giotto (Europa) è la prima sonda spaziale ad avvicinarsi a una cometa (596 km dal nucleo della 1p/Halley).
- 1986** la Voyages 2 (USA) è la prima sonda spaziale a visitare il pianeta Urano.
- 1987** dal 23 febbraio è visibile la più vicina, ad oggi, supernova extragalattica (SN 1987A di tipo II-P) esplosa nella Grande Nube di Magellano. La stella progenitrice è Sanduleak -69° 202a, dal nome del suo scopritore Nicholas Sanduleak (1933-1990) nel 1970, una supergigante blu di magnitudine 12 situata nei pressi della Nebulosa Tarantola. Da un evento di tale portata sono stati rilevati i primi neutrini.
- 1988** Jacqueline Nina Hewitt et al. scoprono il primo *anello di Einstein* parziale (chiamato MG1131+0456).
- 1988** viene inaugurata l'antenna parabolica di 32 metri (radiotelescopio di Noto, Siracusa).
- 1989** la Voyages 2 (USA) è la prima sonda spaziale a visitare il pianeta Nettuno.
- 1989** nell'agosto dal radiotelescopio di Arecibo (Porto Rico) si ottiene la prima immagine diretta di un asteroide (4769 Castalia).

- 1990** il 24 aprile viene lanciato l'Hubble Space Telescope HST.
- 1992** Aleksander Wolszczan (1946-) e Dale Andrew Frail (1961-) scoprono i primi due esopianeti orbitanti intorno alla pulsar PSR B1257+12 nella costellazione della Vergine (*A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257+12*, 1992).
- 1993** la sonda spaziale Giotto (Europa) scopre il primo asteroide binario (243 Ida con Dactyl).
- 1993** viene inaugurato il *telescopio 1* da 156 cm (Toppo di Casalgrande, Potenza), secondo in Italia per grandezza.
- 1994** tra il 16 e il 22 luglio la cometa Shoemaker-Levy 9 (1993e poi D/1993 F2) impatta sul pianeta Giove. Scoperta dai coniugi Eugene "Gene" Merle Shoemaker (1928-1997) e Carolyn Jean Spellmann (1929-2021) con David Howard Levy (1948-) il 25 marzo 1993, è la prima cometa ad essere osservata mentre precipita su di un pianeta.
- 1995** Michel Gustave Édouard Mayor (1942-) e Didier Patrick Queloz (1966-) scoprono il primo *pianeta extrasolare* (51 Pegasi b) orbitante intorno a una stella simile al Sole.
- 1996** il 14 luglio Eric Walter Elst (1936-2022) e Guido Pizarro scoprono il primo oggetto asteroidale a mostrare la natura cometaria 133P/(7968) Elst-Pizarro.
- 1998** Lewis J. King et al. scoprono il primo *anello di Einstein* completo (chiamato B1938+666). Caso particolare di *lente gravitazionale* dovuto all'esatto allineamento della sorgente luminosa, della lente e dell'osservatore. (*A complete infrared Einstein ring in the gravitational lens system B1938+666*, 1998).
- 1998** Saul Perlmutter (1959-), Brian Paul Schmidt (1967-) e Adam Reiss (1969-) analizzando i dati relativi alle supernovae Ia scoprono che l'universo non solo si espande ma la sua espansione è accelerata come ipotizzato da Guth nel 1981.

XXI secolo (2000-2100)

- 2001** il 12 febbraio la NEAR Shoemaker (USA) è la prima sonda spaziale ad atterrare su di un asteroide (433 Eros).
- 2002** Schelte John "Bobby" Bus (1956-) e Richard P. Binzel (1958-) propongono, basata sul programma *Small Main-Belt Asteroid Spectroscopic Survey* SMASS, un'altra classificazione spettrale degli asteroidi in 3 gruppi principali e 26 classi (*Phase II of the Small Main-belt Asteroid Spectroscopy Survey: A feature-based taxonomy*, 2002). La classificazione Bus-Binzel o SMASS segue quella di Tholen del 1984.
- 2003** l'11 febbraio il team del Lincoln Laboratory Near-Earth Asteroid Research LINEAR scopre l'asteroide 163693 Atira, primo di un gruppo di asteroidi *Near-Earth Asteroids* denominati *asteroidi Atira* caratterizzati da un'orbita interamente compresa all'interno di quella della Terra. Essi sono un sottogruppo degli *asteroidi Aten*.
- 2004** il 2 gennaio la Stardust (USA) è la prima sonda spaziale a prelevare dei campioni dalla coda di una cometa (Wild 2). I campioni sono rientrati sulla Terra il 15 gennaio 2006.
- 2004** Daniela Lazzaro, C.A. Angeli, Jorge Márcio Ferreira Carvano, Thais Mothé-Diniz, Rene Duffard e Marcos Antonio Florczak propongono, basata sul programma *Small Solar System Objects Spectroscopic Survey* S3OS2, una classificazione spettrale degli asteroidi (*S3OS2: the visible spectroscopic survey of 820 asteroids*, 2004). La classificazione Lazzaro o S3OS2 segue quella di Bus e Binzel del 2002
- 2005** analizzando i dati raccolti dal telescopio spaziale Hubble vengono scoperti gli anelli del sistema esterno del pianeta Urano.
- 2005** il 19 e 25 novembre la Hayabusa (Giappone) è la prima sonda spaziale a prelevare dei campioni dalla superficie di un asteroide (25143 Itokawa). Sonda e campioni sono rientrati sulla Terra il 13 giugno 2010.
- 2008** Raphael Gavazzi, Tomasso Treu et al. scoprono il primo doppio *anello di Einstein* (chiamato SDSS J0946+1006). (*The Sloan Lens ACS Survey. VI: Discovery and Analysis of a Double Einstein Ring*, 2008).
- 2009** Francesca E. DeMeo (1984-), Richard P. Binzel (1958-), Schelte John "Bobby" Bus (1956-) e Stephen M. Slivan (1962-) propongono una classificazione spettrale degli asteroidi (*An extension of the Bus asteroid taxonomy into the near-infrared*, 2009). La classificazione Bus-DeMeo segue quella di Lazzaro del 2004.
- 2010** Brian David Metzger et al. introducono il termine *kilonova* (*Electromagnetic counterparts of compact object mergers powered by the radioactive decay of r-process nuclei*, 2010) per caratterizzare la luminosità di picco, nella fusione di stelle di neutroni e/o buchi neri, che può raggiungere 1000 volte quella di *nova* classica.
- 2010** il 1° ottobre il telescopio spaziale Wide-Field Infrared Survey Explorer WISE (USA) scopre il primo asteroide troiano della Terra che la precede nella sua orbita (2010 TK7).
- 2011** viene inaugurata l'antenna parabolica di 64 metri (radiotelescopio di San Basilio, Cagliari).

- 2014** il 12 novembre Philae il lander della sonda spaziale Rosetta (Europa) effettua il primo atterraggio su di una cometa (67p/Churyumov-Gerasimenko).
- 2015** la New Horizons (USA) è la prima sonda spaziale a visitare il pianeta nano Plutone.
- 2016** l'11 febbraio viene annunciata la scoperta delle *onde gravitazionali* teorizzate da Einstein attraverso la rilevazione congiunta degli osservatori interferometri di LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory, USA) e VIRGO (Italia).
- 2016** viene inaugurato il FAST (Five hundred meter Aperture Spherical Telescope) con una apertura di 500 metri, il più grande radiotelescopio del mondo situato nella provincia sud-occidentale cinese di Guizhou.
- 2017** il 18 ottobre viene scoperto il primo asteroide interstellare (1I / 2017 U1 'Oumuamua) individuato, nell'ambito del programma Pan-STARRS, da Robert J. Weryk (1981-).
- 2019** il 10 aprile viene pubblicata la prima reale immagine dell'*orizzonte degli eventi* del *buco nero* supermassiccio presente al centro della galassia ellittica Virgo A (M87 o NGC 4486).
- 2019** il 30 agosto viene scoperta la prima cometa interstellare (2I / Borisov = C/2019 Q4) individuata da Gennadiy Vladimirovich Borisov (1962-).
- 2022** viene annunciata la scoperta del terzo satellite dell'asteroide 130 Elektra che risulta il primo asteroide quadruplo (130 Elektra con S/2003 (130) 1, S/2014 (130) 1 e S/2014 (130) 2).
- 2022** il 12 maggio viene pubblicata la seconda reale immagine diretta dell'*orizzonte degli eventi* del *buco nero* supermassiccio presente al centro della nostra Galassia (Via Lattea), Sagittarius A*.